

## Lichthoven blokken C + D

### Onderzoek spoortrillingen

|               |                     |
|---------------|---------------------|
| <b>Status</b> | <b>definitief</b>   |
| Versie        | 001                 |
| Rapport       | M.2020.0351.00.R002 |
| Datum         | 6 juli 2020         |



**Colofon**

|                                             |                                                                                                                      |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Opdrachtgever</b>                        | Rho Adviseurs                                                                                                        |
| <b>Contactpersoon opdrachtgever</b>         | Stefan Bogget                                                                                                        |
| <b>Project</b><br>Betreft<br>Uw kenmerk     | Lichthoven blokken C+D<br>Onderzoek spoortrillingen<br>2020.0358                                                     |
| <b>Rapport</b><br>Datum<br>Versie<br>Status | M.2020.0351.00.R002<br>6 juli 2020<br>001<br>definitief                                                              |
| <b>Uitgevoerd door</b>                      | DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V.<br>Van Pallandtstraat 9-11<br>6814 GM Arnhem<br>Postbus 153<br>6800 AD Arnhem |
| <b>Contactpersoon</b>                       | ing. R.G. (Reinoud) Fennema<br>088 346 76 33<br>rfe@dgmr.nl                                                          |
| <b>Auteur</b>                               | ing. R.G. (Reinoud) Fennema<br>088 346 76 33<br>rfe@dgmr.nl                                                          |
| <b>Projectadviseur</b>                      | ir. M.H.J. (Mark) Bakermans<br>088 346 78 50<br>bk@dgmr.nl                                                           |
| <b>2e lezer/secr.</b>                       | JBY/PZW                                                                                                              |

## Inhoud

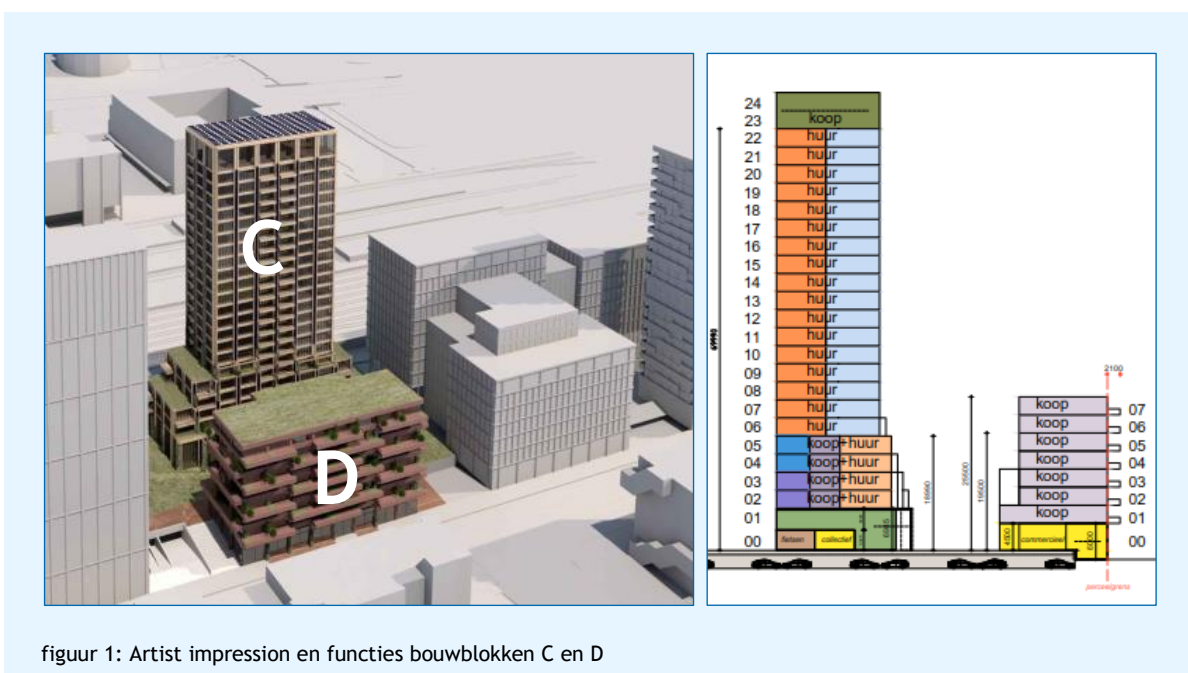
|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| <b>1. Inleiding</b>                   | <b>4</b>  |
| <b>2. Situatie</b>                    | <b>5</b>  |
| 2.1 Project                           | 5         |
| 2.2 Spoor                             | 5         |
| <b>3. Toetsingskader</b>              | <b>7</b>  |
| <b>4. Metingen</b>                    | <b>8</b>  |
| 4.1 Algemeen                          | 8         |
| 4.2 Trillingsmetingen kavel           | 8         |
| 4.3 Trillingsoverdracht gebouw        | 9         |
| <b>5. Prognose</b>                    | <b>10</b> |
| <b>6. Conclusies en aanbevelingen</b> | <b>11</b> |

## Bijlagen

|           |                                               |
|-----------|-----------------------------------------------|
| Bijlage 1 | Prognose Lichthoven blok C - Goederentreinen  |
| Bijlage 2 | Prognose Lichthoven blok C - Reizigerstreinen |

## 1. Inleiding

In opdracht van Rho adviseurs heeft DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V. onderzoek gedaan naar spoortrillingen in het project 'Lichthoven', bouwblokken C en D in Eindhoven. Op deze velden komen gebouwen te staan met commerciële functies in de plint en woningen (appartementen) op de verdiepingen. Deze velden liggen op korte afstand van de spoorlijn Eindhoven - Venlo/Roermond. Onderzocht is of de te verwachten trillingen van het spoor in de te realiseren nieuwbouw voldoen aan de daarvoor geldende richtlijn SBR-B.



figuur 1: Artist impression en functies bouwblokken C en D

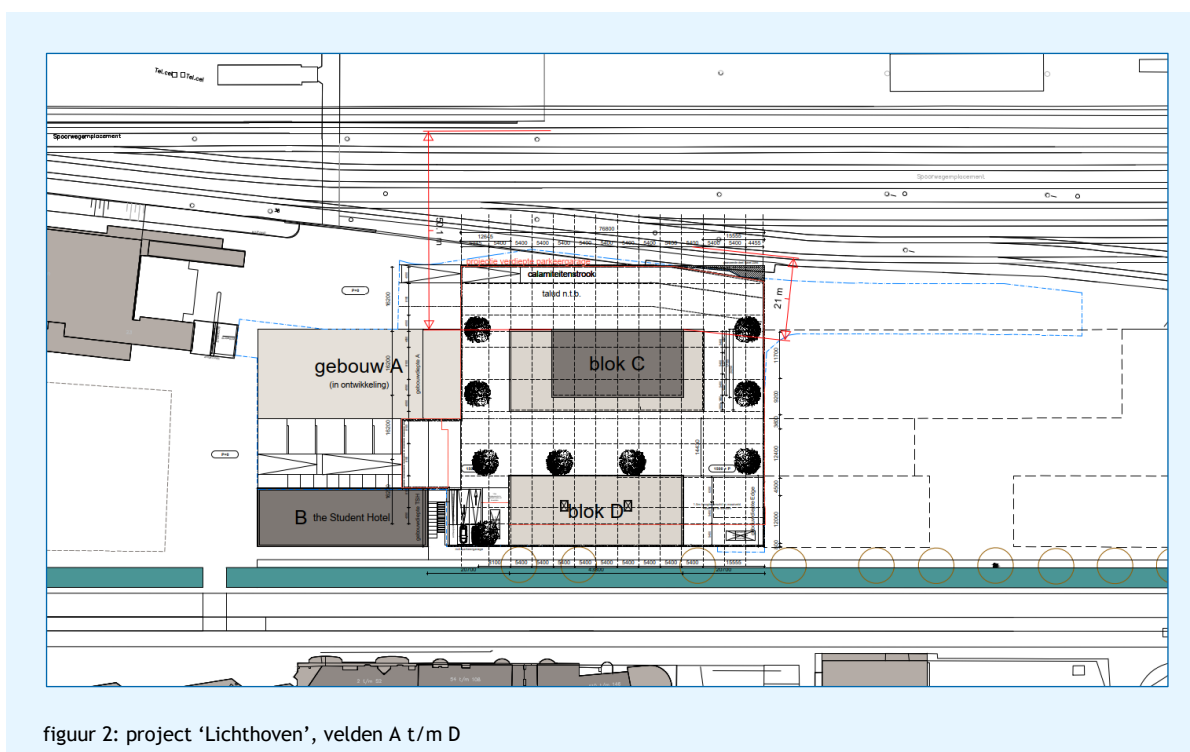
In februari 2020 heeft DGMR ook onderzoek gedaan naar spoortrillingen op veld A en daarvoor zijn ook trillingsmetingen op dit veld verricht. In het nu voorliggende onderzoek wordt gebruikgemaakt van de meetdata van veld A ten behoeve van de prognoses van bouwblokken C en D. In dat onderzoek zijn ook metingen gedaan naar de trillingsoverdracht van bodem naar gebouwfundatie. Die metingen zijn gedaan aan het al gerealiseerde 'The Student Hotel' (TSH).

Voor een uitgebreide beschrijving van dit eerdere onderzoek wordt verwezen naar [1]: onderzoek rapportage M.2020.0060.00.R001 (versie 2) van 8 april 2020. In het voorliggende rapport worden de belangrijkste resultaten uit [1] slechts op hoofdlijnen toegelicht.

## 2. Situatie

### 2.1 Project

Het project 'Lichthoven' omvat de herontwikkeling van een kavel aan de zuidkant van station Eindhoven. Het project is opgedeeld in meerdere velden waarop gebouwen met een variërende bestemming, indeling en hoogte komen te staan. In dit onderzoek gaat het om de bouwblokken C en D zoals aangegeven in figuur 2. Bouwblok B is al gerealiseerd en betreft het 74 m hoge 'The Student Hotel' (TSH). Bouwblok A is ook in ontwikkeling.

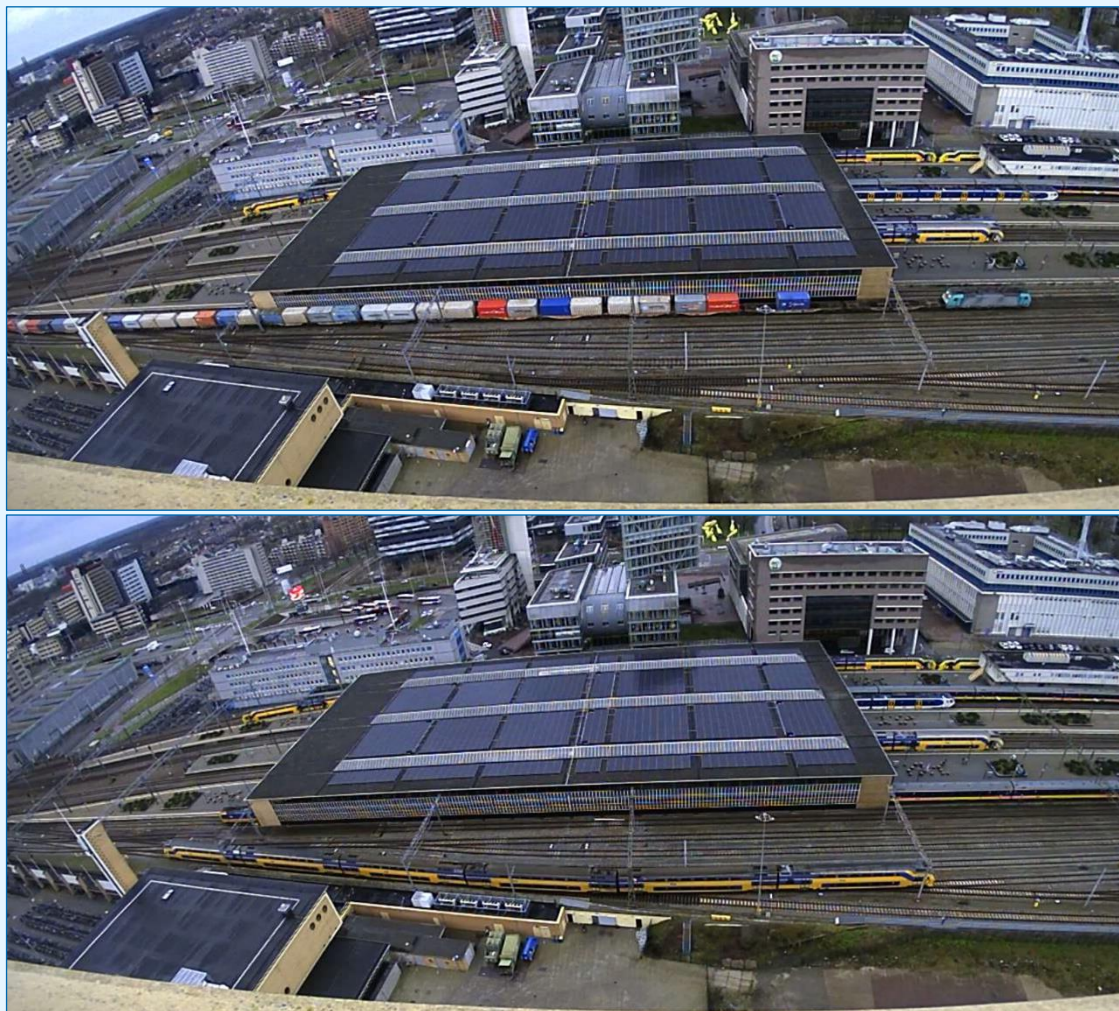


figuur 2: project 'Lichthoven', velden A t/m D

### 2.2 Spoor

Het plan 'Lichthoven' ligt aan de zuidkant van het spoor, net oostelijk van de stationsoverkapping van Eindhoven Centraal. Daarmee ligt het aan het spoortracé Eindhoven - Venlo/Roermond. Behalve intercity's en sprinterstreinen passeren er ook vele goederentreinen die rijden over de zogeheten Brabantroute. De goederentreinen naar het westen rijden over het verst afgelegen noordelijke spoor, die naar het oosten meestal over het spoor net zuidelijk van de stationsoverkapping, zie figuur 3. De snelheid van goederentreinen ligt in het stationsgebied laag, op maximaal 60 km/u, maar de oostwaartse goederentreinen net voorlangs de stationsoverkapping naderen wissels en rijden daarom maximaal 40 km/u. Reizigerstreinen van en naar het emplacement, op de meest zuidelijke sporen, rijden echter wel sneller; tot maximaal 60 km/u (bron: Geluidsregister).

De minimum afstand van bouwblok C tot het goederenspoor (oostwaarts) bedraagt ongeveer 50 m. Het dichtstbijzijnde rangeerspoor ligt op ongeveer 21 m.



figuur 3: goederentrein op spoor voorlangs overkapping (boven) en reizigerstrein naar het emplacement (onder)

### 3. Toetsingskader

Voor het project 'Lichthoven' zijn geen specifieke trillingseisen opgegeven. Optredende trillingen worden beoordeeld aan de hand van de in Nederland gebruikelijke SBR-richtlijn Trillingen - deel B: 'Trillingshinder voor personen in gebouwen', uitgave 2002 (revisie 2006). In deze richtlijn zijn de in tabel 1 weergegeven streefwaarden opgenomen voor trillingen.

**tabel 1: SBR-B - Streefwaarden continue en herhaald voorkomende trillingen, nieuwe situaties**

| Gebouwfunctie                     | Dag en avond |     |      | Nacht |     |      |
|-----------------------------------|--------------|-----|------|-------|-----|------|
|                                   | A1           | A2  | A3   | A1    | A2  | A3   |
| Wonen                             | 0.2          | 0.4 | 0.05 | 0.1   | 0.2 | 0.05 |
| Onderwijs, kantoor en bijeenkomst | 0.15         | 0.6 | 0.07 | 0.15  | 0.6 | 0.07 |

A1 = onderste streefwaarde voor de trillingssterkte  $V_{max}$ ; A2 = bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte  $V_{max}$ ;  
A3 = streefwaarde voor de gemiddeld effectieve waarde over de beoordelingsperiode  $V_{per}$ , indien  $A1 < V_{max} < A2$ .

Voor een nieuw gebouw met woonfuncties, nabij een weg of spoorlijn, wordt dus voldaan aan de SBR-B als de maximale effectieve trillingssterkte  $V_{max}$  kleiner is dan 0,2 (nachtperiode) en de gemiddelde trillingssterkte  $V_{per}$  niet hoger is dan 0,05. Als  $V_{max}$  kleiner is dan 0,1 komt de toetsing van de  $V_{per}$  te vervallen.

## 4. Metingen

### 4.1 Algemeen

Volgens de aanbevelingen in SBR-B zijn gedurende een week trillingsmetingen uitgevoerd om variaties in spoorgebruik en materieel mee te nemen in de metingen. De metingen zijn uitgevoerd tussen 24 februari en 2 maart 2020. In die periode was er geen afwijking in de bedrijfsvoering op het spoor.

De metingen zijn uitgevoerd op twee posities in de bodem op veld A, op ongeveer 30 m en 50 m afstand tot het hart van het dichtstbijzijnde (rangeer)spoor. Deze afstanden kwamen ongeveer overeen met de voor- en achtergevel van bouwblok A.

De kleinste afstand van bouwblok C tot het dichtstbijzijnde rangeerspoor bedraagt echter maar 21 m. Hiervoor moet in de prognose worden gecorrigeerd.

De minimum afstand van blok C tot het dichtstbijzijnde goederenspoor (voorlangs de overkapping) bedraagt ongeveer 50 m en is hetzelfde als die van het eerder beschouwde blok A. De gevels aan spoorzijde van beide blokken staan namelijk op één lijn en evenwijdig aan dit spoor.

Hiervoor hoeft dus niet gecorrigeerd te worden.

Voor bouwblok D moet in de prognose wel een afstandscorrectie worden toegepast, want dit bouwblok staat op minimaal 85 m van dit goederenspoor.

### 4.2 Trillingsmetingen kavel

In tabel 2 zijn de meetresultaten uit [1] overgenomen. Het betreft de statistische verwerking van de top-15 treinpassages qua trillingsopwekking. In deze top-15 komen uitsluitend goederentreinen voor op het spoor voorlangs de stationsoverkapping.

**tabel 2: trillingssterkten  $V_{\text{eff,max,stat}}$  in de bodem op maaiveld - goederentreinen**

| Top-15                    | Bodemmeetpunt Mp1 (30 m)<br>(50 m van goederenspoor) |      |      | Bodemmeetpunt Mp2 (50 m)<br>(70 m van goederenspoor) |      |      |
|---------------------------|------------------------------------------------------|------|------|------------------------------------------------------|------|------|
|                           | X*                                                   | Y*   | Z*   | X                                                    | Y    | Z    |
| $V_{\text{eff,max,stat}}$ | 0,14                                                 | 0,14 | 0,18 | 0,13                                                 | 0,13 | 0,14 |

\* X-richting  $\perp$  spoor, Y-richting // spoor en Z-richting verticaal

### Beschouwing

Het onderzoek [1] liet zien dat de oostwaartse goederentreinen de meeste trillingen opwekken en de afstand van de beide bodemmeetpunten tot dit spoor bedragen respectievelijk 50 m en 70 m. Dit relatief kleine afstandsverschil verklaart ook de kleine verschillen in gemeten trillingssterkten tussen beide meetpunten.

Reizigerstreinen op de dichterbij gelegen rangeerspooren wekken aanzienlijk minder trillingen op. Op het bodemmeetpunt Mp1 is er geen één reizigerstrein gemeten waarvan de effectieve trillingssterkte  $V_{\text{eff,max}}$  hoger was dan 0,1. Effectieve trillingssterkten lager dan 0,1 worden niet door de meetapparatuur opgeslagen.

Ondanks dat reizigerstreinen naar het emplacement veel dichterbij het meetpunt reden (30 m) dan de goederentreinen (50 m), wekten deze aanzienlijk minder trillingen op dan de goederentreinen. Het verschil in trillingsopwekking ligt verticaal in de orde van een factor 2.

In horizontale richting liggen de trillingssterkten globaal een factor 1,5 lager.

Omdat bouwblok C op een kleinste afstand van 21 m tot het spoor komt te staan, dus dichterbij dan waarop is gemeten, is het toch van belang om in de prognoses te bekijken wat de invloed is van reizigerstreinen naar het emplacement op de trillingssterkten in de te ontwikkelen nieuwbouw.

### 4.3 Trillingsoverdracht gebouw

In onderzoek [1] zijn ook de trillingsoverdrachten gemeten van bodem op maaiveld naar de gebouwfundatie. Deze metingen zijn gedaan voor het TSH dat nagenoeg even hoog is als de woontoren van blok C. De overdrachten zijn slechts bepaald over dat deel van het frequentiegebied waarin treinen forse trillingssterkten opwekken, hoger dan het heersende achtergrondniveau. Dit betreft de tertsbanden van 4 Hz tot 10 Hz. In tabel 3 zijn de bepaalde overdrachten weergegeven. Deze worden toegepast in de prognoses voor blok C. Te zien is dat er tot ongeveer 5 Hz weinig reductie of zelfs lichte versterking optreedt op de overgang van bodem naar gebouw. Dit komt door eigenfrequenties van het gebouw op haar funderingssysteem. Vanaf 5 Hz neemt de reductie echter zeer snel toe.

**tabel 3: overdracht bodem naar gebouwfundatie hoogbouw (op basis van meetdata TSH)**

| Frequentie [Hz] | 4 | 5  | 6,3 | 8   | 10  |
|-----------------|---|----|-----|-----|-----|
| Horizontaal     | 2 | 2  | -4  | -5  | -14 |
| Verticaal       | 2 | -3 | -10 | -10 | -19 |

Ook de trillingsoverdracht tussen gebouwfundatie en dakniveau van TSH is gemeten. Deze is weergegeven in tabel 4. Ook hiervoor geldt dat deze alleen is bepaald over het frequentiegebied waarin treinen bijdragen qua trillingen.

**tabel 4: overdracht gebouwfundatie naar dak (op basis van meetdata TSH)**

| Frequentie [Hz] | 4  | 5 | 6,3 | 8  | 10 |
|-----------------|----|---|-----|----|----|
| Horizontaal     | 11 | 6 | 8   | 0  | 4  |
| Verticaal       | 4  | 5 | 6   | -3 | 0  |

In tabel 4 is te zien dat er door aanwezige gebouwtrilvormen (eigenfrequenties) rond 4 tot 6,3 Hz trillingsversterking optreedt, zowel verticaal alsook horizontaal. Deze versterking treedt op tijdens passages van lange en zware goederentreinen. Bij de veel kortere passages van reizigerstreinen treedt minder trillingsversterking op.

## 5. Prognose

Om inzicht te krijgen in de te verwachten trillingssterkten in bouwblokken C en D is, op basis van de gemeten trillingssterkten (kavel) en overdrachten (TSH), een empirisch rekenmodel opgezet. De prognoses zijn opgesteld voor zowel de verticale alsook de maatgevende horizontale richting.

Bijlage 1 geeft een prognose voor een op palen gefundeerd gebouw van circa 22 bouwlagen, zowel horizontaal alsook verticaal. Berekend is de verwachte trillingsbijdrage in blok C als gevolg van goederentreinen op het spoor voorlangs de stationsoverkapping. Dit spoor bevindt zich op 50 m afstand van de spoorgerichte gevel van bouwblok C.

In bijlage 2 is hetzelfde gedaan, maar nu voor reizigerstreinen naar het emplacement. De afstand van het dichtstbijzijnde spoor tot blok C bedraagt ongeveer 20 m.

De prognoseberekeringen zijn samengevat in tabel 5. In de prognoses is voor de berekening van de gemiddelde trillingssterkte  $V_{per}$  uitgegaan van twee goederentreinen per uur.

**tabel 5: trillingsprognose ( $V_{max}/V_{per}$ ) nieuwbouw**

| Gebouw                   | Treintype - afstand                               | Richting    | Trillingssterkte $V_{max}$ ( $V_{per}$ ) |                            |                            |
|--------------------------|---------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                          |                                                   |             | BG                                       | 11 <sup>e</sup> verdieping | 22 <sup>e</sup> verdieping |
| Blok C<br>Hoogbouw (75m) | Goederentreinen - 50 m<br>(voorlangs overkapping) | Horizontaal | 0,09 (--)                                | 0,13 (0,01)                | 0,20 (0,02)                |
|                          |                                                   | Verticaal   | 0,11 (0,01)                              | 0,12 (0,01)                | 0,15 (0,01)                |
|                          | Reizigerstreinen - 20 m<br>(naar emplacement)     | Horizontaal | 0,06 (--)                                | 0,08 (--)                  | 0,12 (0,01)                |
|                          |                                                   | Verticaal   | 0,03 (--)                                | 0,04 (--)                  | 0,05 (--)                  |

### Beschouwing

Uit tabel 5 blijkt dat de oostgaande goederentreinen op het spoor voorlangs de stationsoverkapping (50 m afstand) maatgevend zijn. De maximale berekende trillingssterkte ( $V_{max}$ ) die deze treinen opwekken, bedraagt ongeveer 0,2 in horizontale richting op de bovenste verdiepingen van bouwblok C. In verticale richting liggen de trillingssterkten iets lager en nemen de waarden naar hogere verdiepingen ook minder toe. Omdat er maar weinig goederentreinen zijn en alleen trillingssterkten hoger dan 0,1 bijdragen aan de langtijdgemiddelde trillingssterkte  $V_{per}$ , is deze  $V_{per}$  niet hoger dan maximaal 0,02.

Reizigerstreinen van/naar het emplacement wekken, ondanks de veel kleinere afstand van 20 m, minder trillingen op. Verwacht wordt een maximale trillingssterkte  $V_{max}$  niet hoger dan 0,12 bovenin de woontoren in horizontale richting. De bijdrage van reizigerstreinen op de  $V_{per}$  is verwaarloosbaar, zodat de  $V_{per}$  na sommatie van al het treinverkeer niet hoger is dan 0,02.

Voor woonfuncties bedraagt de streefwaarde (A2) voor de  $V_{max}$  0,2 (nachtperiode) en de streefwaarde (A3) voor de gemiddelde trillingssterkte  $V_{per}$  0,05 (alle perioden).

Geconcludeerd wordt dat in blok C voldaan kan worden aan de streefwaarden uit de SBR-B, met de kanttekening dat in de prognose is uitgegaan van een betonnen draagconstructie en vloeren met een laagste buig-eigenfrequentie van 12 Hz. Met een staalconstructie en bijvoorbeeld kanaalplaatvloeren met grote overspanning worden aanmerkelijk hogere trillingssterkten verwacht vanwege de doorgaans lagere demping van staal en veelal ook lagere horizontale stijfheid van de constructie. Er treedt naar verwachting dan overschrijding op van de streefwaarden.

Bouwblok D ligt op veel grotere afstand tot het spoor dan bouwblok C. Voor dit bouwblok zijn ook de goederentreinen maatgevend. Verwacht wordt dat in dit bouwblok geen voelbare trillingen optreden. De berekende maximale trillingssterkte  $V_{max}$  bedraagt 0,07 in verticale richting en 0,1 horizontaal. Dit voldoet beide aan de onderste streefwaarde A1 uit de richtlijn.

## 6. Conclusies en aanbevelingen

Uit de trillingsmetingen in de bodem op veld A, de overdrachtsmetingen aan TSH en daarop gebaseerde prognoses wordt geconcludeerd dat het huidige spoorgebruik niet tot trillingshinder hoeft te leiden in de woontoren en het appartementenblok op Lichthoven velden C en D. Voorwaarde hiervoor is wel dat tenminste woontoren blok C wordt voorzien van een betonnen draagconstructie en vloeren met een zodanige stijfheid dat de laagste buig-eigenfrequentie tenminste 12 Hz bedraagt. De trillingssterkten tijdens goederentreinpassages zijn dan hooguit licht voelbaar en voldoen naar verwachting aan de streefwaarden uit de SBR-B voor woonfuncties. Voor appartementenblok D is de keuze voor de draagconstructie iets minder kritisch, maar wordt geadviseerd om eveneens een betonnen draagconstructie toe te passen. Daarnaast blijft het van belang om stijve woningvloeren toe te passen met een laagste buig-eigenfrequentie van 12 Hz om versterking van spoortrillingen in het dominante frequentiegebied van 4 tot 10 Hz te voorkomen.



ir. M.H.J. (Mark) Bakermans  
DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V.

## Bijlage 1

Titel

Prognose Lichthoven blok C - Goederentreinen

**Trillingsprognose railverkeer**

|                           |                       |                   |                                     |                     |      |                           |
|---------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------------------|---------------------|------|---------------------------|
| project                   | Lichthoven, Eindhoven | bronspectrum      | Tankertrein 26-2-2020 09:53         | passages per uur    | 2    | (alleen $V_{eff} > 0,1$ ) |
| gebouwtype                | woontoren blok C      | vormfactor $C_F$  | 0,7 (verhouding $v_{rms}/v_{top}$ ) | peiljaar            | 2020 |                           |
| gebouwafstand (tot spoor) | 50 m                  | referentieafstand | 50 m                                | rijnsnelheid        | 40   | km/u                      |
|                           |                       |                   |                                     | referentie snelheid | 40   | km/u                      |

**Bodemtrillingen**

| 1/3-octaaft             | 1 | 1,25 | 1,6 | 2 | 2,5  | 3,15 | 4    | 5    | 6,3  | 8    | 10   | 12,5 | 16   | 20   | 25   | 31,5 | 40   | 50   | 63   | 80   | 100  | 125       | 160 | 200 | som  |
|-------------------------|---|------|-----|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|-----|-----|------|
| bronspectrum (rms, gem) |   |      |     |   | 66   | 67   | 69   | 84   | 103  | 104  | 101  | 70   | 64   | 65   | 62   | 63   | 62   | 63   | 64   | 65   | 62   |           |     |     | 108  |
| spreiding               |   |      |     |   | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  |           |     |     |      |
| bronspectrum (rms, max) |   |      |     |   | 69   | 70   | 72   | 87   | 106  | 107  | 104  | 73   | 67   | 68   | 65   | 66   | 65   | 66   | 67   | 68   | 65   |           |     |     | 111  |
| snelheidscorrectie      |   |      |     |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |           |     |     |      |
| geen                    |   |      |     |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |           |     |     |      |
| geen                    |   |      |     |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |           |     |     |      |
| afstandscorrectie       |   |      |     |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |           |     |     |      |
| $L_v$ [dB]              |   |      |     |   | 69   | 70   | 72   | 87   | 106  | 107  | 104  | 73   | 67   | 68   | 65   | 66   | 65   | 66   | 67   | 68   | 65   |           |     |     | 111  |
| $v_{rms}$ [mm/s]        |   |      |     |   | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,20 | 0,22 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |           |     |     | 0,34 |
|                         |   |      |     |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | $v_{top}$ |     |     | 0,49 |

**SBR-A / Gebouwschade**

| Stijf punt fundatie | gebouwtype: | User defined 1 | Vert, Lichthoven TSH |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |           |  |  |  |      |
|---------------------|-------------|----------------|----------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|--|--|--|------|
| $H_{v,1}$ [dB]      |             |                |                      | 0,2  | 2,8  | 1,7  | -3,0 | -10,3 | -10,0 | -19,0 | -14,6 | -14,5 | -12,2 | -14,0 | -15,0 | -16,0 | -20,0 | -20,0 | -20,0 | -19,9 |           |  |  |  |      |
| $L_v$ [dB]          |             |                |                      | 69   | 73   | 73   | 84   | 96    | 97    | 86    | 59    | 52    | 55    | 51    | 51    | 49    | 46    | 47    | 48    | 46    |           |  |  |  | 100  |
| $v_{rms}$ [mm/s]    |             |                |                      | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,06  | 0,07  | 0,02  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |           |  |  |  | 0,10 |
|                     |             |                |                      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | $v_{top}$ |  |  |  | 0,14 |

**SBR-C / Verstoring van apparatuur ( $v_{rms}$ )**

| Begane grond   | vloertype:    | vloertype 3<br>(fo = 10-20 Hz) |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |      |  |  |      |      |      |
|----------------|---------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--|--|------|------|------|
| Hv,vloer       |               | 0,7                            | 0,8  | 1,1  | 1,5  | 2,1  | 3,2  | 5,1  | 6,8  | 8,0  | 7,6   | 7,0   | 6,4   | 5,8   | 5,1   | 4,1   | 3,2   | 2,3   |      |  |  |      |      |      |
| Lv [dB]        |               | 70                             | 74   | 74   | 86   | 98   | 100  | 91   | 66   | 60   | 63    | 58    | 57    | 55    | 52    | 51    | 51    | 48    |      |  |  |      |      | 103  |
| vrms [mm/s]    |               | 0,00                           | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,08 | 0,10 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |      |  |  |      |      | 0,13 |
|                |               |                                |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       | vtop |  |  | 0,19 |      |      |
| 11e verdieping | vloertype:    | vloertype 3<br>(fo = 10-20 Hz) |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |      |  |  |      |      |      |
| 11             |               | 1,5                            | 2,5  | 2,0  | 2,5  | 3,0  | 0,0  | -1,3 | -2,6 | -4,0 | -5,3  | -6,6  | -8,0  | -9,4  | -10,7 | -12,1 | -13,5 | -13,5 |      |  |  |      |      |      |
|                | Hv,vloer [dB] | 0,7                            | 0,8  | 1,1  | 1,5  | 2,1  | 3,2  | 5,1  | 6,8  | 8,0  | 7,6   | 7,0   | 6,4   | 5,8   | 5,1   | 4,1   | 3,2   | 2,3   |      |  |  |      |      |      |
|                | Lv [dB]       | 71                             | 76   | 76   | 88   | 101  | 100  | 89   | 63   | 56   | 58    | 52    | 49    | 46    | 41    | 39    | 38    | 34    |      |  |  |      | 104  |      |
|                | vrms [mm/s]   | 0,00                           | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,11 | 0,10 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |      |  |  |      | 0,15 |      |
|                |               |                                |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       | vtop |  |  | 0,22 |      |      |
| 22e verdieping | vloertype:    | vloertype 3<br>(fo = 10-20 Hz) |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |      |  |  |      |      |      |
| 22             |               | 3,0                            | 5,0  | 4,0  | 5,0  | 6,0  | 0,0  | -2,5 | -5,1 | -8,0 | -10,7 | -13,3 | -16,0 | -18,8 | -21,4 | -24,1 | -26,9 | -27,0 |      |  |  |      |      |      |
|                | Hv,vloer [dB] | 0,7                            | 0,8  | 1,1  | 1,5  | 2,1  | 3,2  | 5,1  | 6,8  | 8,0  | 7,6   | 7,0   | 6,4   | 5,8   | 5,1   | 4,1   | 3,2   | 2,3   |      |  |  |      |      |      |
|                | Lv [dB]       | 73                             | 79   | 78   | 91   | 104  | 100  | 88   | 61   | 52   | 52    | 45    | 41    | 36    | 30    | 27    | 24    | 21    |      |  |  |      | 106  |      |
|                | vrms [mm/s]   | 0,00                           | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,15 | 0,10 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |      |  |  |      | 0,19 |      |
|                |               |                                |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       | vtop |  |  | 0,27 |      |      |

**SBR-B / Hinder voor personen ( $v_{eff}$ )**

| Begane grond         | gebouwtype: | User defined 1 | Vert, Lichthoven TSH |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |     |     |     |       |
|----------------------|-------------|----------------|----------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|-----|-----|-----|-------|
| SBR-weging           |             |                |                      | -15,1 | -13,2 | -11,2 | -9,5 | -7,8 | -6,1 | -4,7 | -3,5 | -2,5 | -1,7 | -1,2 | -0,8 | -0,5 | -0,3 | -0,2 | -0,1 | -0,1 | -0,1        | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0   |
| $L_v$ [dB]           |             |                |                      | 62    | 67    | 70    | 82   | 95   | 98   | 89   | 65   | 60   | 63   | 58   | 57   | 55   | 52   | 51   | 51   | 48   |             |     |     |     | 101   |
| $v_{eff,max}$ [mm/s] |             |                |                      | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,01 | 0,06 | 0,08 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |             |     |     |     | 0,11  |
|                      |             |                |                      |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | $v_{per}^*$ |     |     |     | 0,010 |
| 11e verdieping       |             |                |                      |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |     |     |     |       |
| $L_v$ [dB]           |             |                |                      |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |     |     |     |       |
| $v_{eff,max}$ [mm/s] |             |                |                      |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |     |     |     |       |
|                      |             |                |                      |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | $v_{per}^*$ |     |     |     | 102   |
|                      |             |                |                      |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |     |     |     | 0,12  |
|                      |             |                |                      |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |     |     |     | 0,011 |
| 22e verdieping       |             |                |                      |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |     |     |     |       |
| $L_v$ [dB]           |             |                |                      |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |     |     |     |       |
| $v_{eff,max}$ [mm/s] |             |                |                      |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |     |     |     |       |
|                      |             |                |                      |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | $v_{per}^*$ |     |     |     | 103   |
|                      |             |                |                      |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |     |     |     | 0,15  |
|                      |             |                |                      |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |     |     |     | 0,013 |

|                           |                       |
|---------------------------|-----------------------|
| project                   | Lichthoven, Eindhoven |
| gebouwtype                | woontoren blok C      |
| gebouwafstand (tot spoor) | 50 m                  |

|                   |                                      |
|-------------------|--------------------------------------|
| bronspectrum      | Tankertrein 1-3-2020 15:59           |
| vormfactor $C_F$  | 0,57 (verhouding $v_{rms}/v_{top}$ ) |
| referentieafstand | 50 m                                 |

|                     |      |                                  |
|---------------------|------|----------------------------------|
| passages per uur    | 2    | (alleen $V_{\text{eff}} > 0,1$ ) |
| peiljaar            | 2020 |                                  |
| rijsnelheid         | 40   | km/u                             |
| referentie snelheid | 40   | km/u                             |

[illegible]

| <b>Stijf punt fundatie</b> | <b>gebouwtype:</b> | <b>User defined 2</b> |      |      |      |      |      | <b>Hor, Lichthoven TSH</b> |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                  |       |      |
|----------------------------|--------------------|-----------------------|------|------|------|------|------|----------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------|------|
| H <sub>v,i</sub> [dB]      |                    | 0,0                   | 0,0  | 0,0  | -0,8 | 1,7  | 1,7  | -4,2                       | -5,0 | -13,6 | -14,6 | -11,7 | -12,6 | -14,7 | -15,0 | -16,0 | -20,0 | -20,0 | -19,9            | -19,9 |      |
| L <sub>v</sub> [dB]        |                    | 69                    | 65   | 70   | 69   | 79   | 101  | 96                         | 89   | 77    | 69    | 67    | 69    | 56    | 51    | 52    | 47    | 47    | 48               | 45    | 103  |
| v <sub>rms</sub> [mm/s]    |                    | 0,00                  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,12 | 0,06                       | 0,03 | 0,01  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00             | 0,00  | 0,14 |
|                            |                    |                       |      |      |      |      |      |                            |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       | V <sub>top</sub> |       | 0,24 |

| Begane grond            | vloertype: user defined |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                  |      |  |
|-------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------|------|--|
| H <sub>v,vloer</sub>    | 0,0                     | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |                  |      |  |
| L <sub>v</sub> [dB]     | 69                      | 65   | 70   | 69   | 79   | 101  | 96   | 89   | 77   | 69   | 67   | 69   | 56   | 51   | 52   | 47   | 47   | 48   | 45   |                  | 103  |  |
| v <sub>rms</sub> [mm/s] | 0,00                    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,12 | 0,06 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |                  | 0,14 |  |
|                         |                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | v <sub>top</sub> | 0,24 |  |

| 11e verdieping            | vloertype: | user defined |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |                  |      |     |
|---------------------------|------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------------------|------|-----|
| H <sub>v,3</sub> [dB]     |            | 0,0          | 0,0  | 4,0  | 7,0  | 5,5  | 3,0  | 4,0  | 0,5  | -1,3 | -2,6 | -4,0 | -5,3 | -6,6 | -8,0 | -9,4 | -10,7 | -12,1 | -13,5            |      |     |
| H <sub>v,vloer</sub> [dB] |            | 0,0          | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0              |      |     |
| L <sub>v</sub> [dB]       |            | 69           | 65   | 74   | 76   | 85   | 104  | 100  | 89   | 75   | 66   | 63   | 64   | 49   | 43   | 42   | 36    | 35    | 34               | 32   | 106 |
| v <sub>rms</sub> [mm/s]   |            | 0,00         | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,16 | 0,10 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00             | 0,19 |     |
|                           |            |              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       | v <sub>top</sub> | 0,34 |     |

| 22e verdieping            |  | vloertype: |      |      |      |      |      |      |      | user defined |      |      |       |       |       |       |       |       |       |                  |      |      |  |
|---------------------------|--|------------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|------|------|--|
| H <sub>v,3</sub> [dB]     |  | 0,0        | 0,0  | 8,0  | 14,0 | 11,0 | 6,0  | 8,0  | 1,0  | -2,5         | -5,1 | -8,0 | -10,7 | -13,3 | -16,0 | -18,8 | -21,4 | -24,1 | -26,9 | -27,0            |      |      |  |
| H <sub>v,vloer</sub> [dB] |  | 0,0        | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0          | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0              |      |      |  |
| L <sub>v</sub> [dB]       |  | 69         | 65   | 78   | 83   | 90   | 107  | 104  | 90   | 74           | 63   | 59   | 59    | 43    | 35    | 33    | 26    | 23    | 21    | 18               |      | 109  |  |
| v <sub>rms</sub> [mm/s]   |  | 0,00       | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,23 | 0,16 | 0,03 | 0,01         | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00             |      | 0,28 |  |
|                           |  |            |      |      |      |      |      |      |      |              |      |      |       |       |       |       |       |       |       | v <sub>top</sub> | 0,50 |      |  |

|                             |             |       |                |      |      |      |      |      |      |      |                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                    |     |             |  |  |  |
|-----------------------------|-------------|-------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|-----|-------------|--|--|--|
| <b>Begane grond</b>         | gebouwtype: |       | User defined 2 |      |      |      |      |      |      |      | Hor, Lichthoven TSH |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                    |     |             |  |  |  |
| SBR-weging                  | -15,1       | -13,2 | -11,2          | -9,5 | -7,8 | -6,1 | -4,7 | -3,5 | -2,5 | -1,7 | -1,2                | -0,8 | -0,5 | -0,3 | -0,2 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | 0,0  | 0,0  | 0,0                | 0,0 |             |  |  |  |
| L <sub>v</sub> [dB]         |             |       | 58             | 55   | 63   | 63   | 74   | 98   | 93   | 87   | 75                  | 68   | 67   | 69   | 56   | 51   | 52   | 47   | 47   | 48   | 45                 |     | 99          |  |  |  |
| V <sub>eff,max</sub> [mm/s] |             |       | 0,00           | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,08 | 0,05 | 0,02 | 0,01                | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00               |     | <b>0,09</b> |  |  |  |
|                             |             |       |                |      |      |      |      |      |      |      |                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      | V <sub>per</sub> * |     | 0,000       |  |  |  |

|                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                    |             |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|-------------|
| 8e verdieping               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                    |             |
| L <sub>v</sub> [dB]         | 58   | 55   | 67   | 70   | 80   | 101  | 97   | 88   | 74   | 65   | 63   | 64   | 49   | 43   | 42   | 36   | 35   | 34   | 32                 | 103         |
| v <sub>eff,max</sub> [mm/s] | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,11 | 0,07 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00               | <b>0,13</b> |
|                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | V <sub>per</sub> * | 0,012       |

|                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                    |      |       |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|------|-------|
| 22e verdieping              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                    |      |       |
| L <sub>v</sub> [dB]         | 58   | 55   | 71   | 77   | 85   | 104  | 101  | 88   | 73   | 63   | 59   | 58   | 42   | 35   | 33   | 25   | 23   | 21                 | 18   | 106   |
| v <sub>eff,max</sub> [mm/s] | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,15 | 0,12 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00               | 0,00 | 0,20  |
|                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | v <sub>per</sub> * |      | 0,018 |

## Bijlage 2

|             |                                               |
|-------------|-----------------------------------------------|
| Titel       | Prognose Lichthoven blok C - Reizigerstreinen |
| Omvang      | 2                                             |
| Toelichting | van en naar het emplacement                   |

**Trillingsprognose railverkeer**

project **Lichthoven, Eindhoven**  
 gebouwtype **woontoren blok C**  
 gebouwfstand (tot spoor) **20 m**

bronspectrum **Reizigerstrein emplacement**  
 vormfactor  $C_F$  **0,57** (verhouding  $v_{rms}/v_{top}$ )  
 referentieafstand **30 m**

passages per uur **2** (alleen  $V_{eff} > 0,1$ )  
 peiljaar **2020**  
 rijsnelheid **60** km/u  
 referentie snelheid **60** km/u

**Bodemtrillingen**

| 1/3-octaf               | 1 | 1,25 | 1,6  | 2    | 2,5  | 3,15 | 4    | 5    | 6,3  | 8    | 10   | 12,5 | 16   | 20   | 25   | 31,5 | 40   | 50   | 63   | 80   | 100  | 125 | 160 | 200 | som  |
|-------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|
| bronspectrum (rms, gem) |   |      | 59   | 61   | 51   | 70   | 74   | 87   | 90   | 89   | 90   | 77   | 68   | 69   | 61   | 61   | 54   | 51   | 52   | 49   | 46   |     |     |     | 95   |
| spreiding               |   |      | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  |     |     |     |      |
| bronspectrum (rms, max) |   |      | 62   | 64   | 54   | 73   | 77   | 90   | 93   | 92   | 93   | 80   | 71   | 72   | 64   | 64   | 57   | 54   | 55   | 52   | 49   |     |     |     | 98   |
| snelheidscorrectie      |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |     |      |
| geen                    |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |     |      |
| afstandscorrectie       |   |      | 2,8  | 2,6  | 2,3  | 2,0  | 1,5  | 1,2  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,3  | 1,6  | 2,0  | 2,6  | 3,3  | 3,9  |     |     |     |      |
| $L_v$ [dB]              |   |      | 65   | 67   | 56   | 75   | 79   | 91   | 94   | 93   | 94   | 81   | 73   | 73   | 65   | 66   | 59   | 56   | 58   | 55   | 53   |     |     |     | 99   |
| $v_{rms}$ [mm/s]        |   |      | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,05 | 0,04 | 0,05 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |     |     |     | 0,09 |
|                         |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |     | 0,17 |

**SBR-A / Gebouwschade**

| Stijf punt fundatie | gebouwtype: | User defined 1 | Vert, Lichthoven TSH |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |      |
|---------------------|-------------|----------------|----------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|------|
| $H_{v,1}$ [dB]      |             | 0,0            | 0,0                  | 0,2  | 2,8  | 1,7  | -3,0 | -10,3 | -10,0 | -19,0 | -14,6 | -14,5 | -12,2 | -14,0 | -15,0 | -16,0 | -20,0 | -20,0 | -20,0 | -19,9 |  |  |  |  |      |
| $L_v$ [dB]          |             | 65             | 67                   | 56   | 78   | 81   | 88   | 84    | 83    | 75    | 67    | 58    | 61    | 51    | 51    | 43    | 36    | 38    | 35    | 33    |  |  |  |  | 91   |
| $v_{rms}$ [mm/s]    |             | 0,00           | 0,00                 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,02  | 0,01  | 0,01  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |  |  |  |  | 0,04 |
|                     |             |                |                      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  | 0,06 |

**SBR-C / Verstoring van apparatuur ( $v_{rms}$ )**

| Begane grond            | vloertype: vloertype 3 (fo = 10-20 Hz) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |
|-------------------------|----------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|
| H <sub>v,vloer</sub>    | 0,4                                    | 0,5  | 0,7  | 0,8  | 1,1  | 1,5  | 2,1  | 3,2  | 5,1  | 6,8  | 8,0  | 7,6  | 7,0  | 6,4  | 5,8  | 5,1  | 4,1  | 3,2  | 2,3  |      |  |  |  |  |
| L <sub>v</sub> [dB]     | 65                                     | 67   | 57   | 79   | 82   | 90   | 86   | 86   | 80   | 74   | 66   | 69   | 58   | 57   | 49   | 41   | 42   | 38   | 35   | 93   |  |  |  |  |
| v <sub>rms</sub> [mm/s] | 0,00                                   | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 |  |  |  |  |
|                         |                                        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,08 |  |  |  |  |

| 11e verdieping            | vloertype: | vloertype 3 (f0 = 10-20 Hz) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |      |      |
|---------------------------|------------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|
| H <sub>v,vloer</sub> [dB] | 11         | 0,0                         | 0,0  | 1,5  | 2,5  | 2,0  | 2,5  | 3,0  | 0,0  | -1,3 | -2,6 | -4,0 | -5,3 | -6,6 | -8,0 | -9,4 | -10,7 | -12,1 | -13,5 |      |      |
| L <sub>v</sub> [dB]       |            | 0,4                         | 0,5  | 0,7  | 0,8  | 1,1  | 1,5  | 2,1  | 3,2  | 5,1  | 6,8  | 8,0  | 7,6  | 7,0  | 6,4  | 5,8  | 5,1   | 4,1   | 3,2   | 2,3  |      |
| v <sub>rms</sub> [mm/s]   |            | 65                          | 67   | 58   | 81   | 84   | 92   | 89   | 86   | 79   | 71   | 62   | 63   | 51   | 49   | 39   | 31    | 30    | 25    | 22   | 95   |
|                           |            | 0,00                        | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00 | 0,06 |
|                           |            |                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |      | 0,10 |

| 22e verdieping            | vloertype: | vloertype 3 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       | (f0 = 10-20 Hz) |                  |      |  |
|---------------------------|------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|------------------|------|--|
| H <sub>v,vloer</sub> [dB] | 22         | 0,0         | 0,0  | 3,0  | 5,0  | 4,0  | 5,0  | 6,0  | 0,0  | -2,5 | -5,1 | -8,0 | -10,7 | -13,3 | -16,0 | -18,8 | -21,4 | -24,1 | -26,9 | -27,0           |                  |      |  |
| L <sub>v</sub> [dB]       |            | 0,4         | 0,5  | 0,7  | 0,8  | 1,1  | 1,5  | 2,1  | 3,2  | 5,1  | 6,8  | 8,0  | 7,6   | 7,0   | 6,4   | 5,8   | 5,1   | 4,1   | 3,2   | 2,3             |                  |      |  |
| v <sub>rms</sub> [mm/s]   |            | 65          | 67   | 60   | 84   | 86   | 95   | 92   | 86   | 78   | 68   | 58   | 58    | 45    | 41    | 30    | 20    | 18    | 11    | 8               |                  | 98   |  |
|                           |            | 0,00        | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,05 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00            |                  | 0,08 |  |
|                           |            |             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |                 | v <sub>top</sub> | 0,13 |  |

**SBR-B / Hinder voor personen ( $v_{eff}$ )**

| Begane grond                | gebouwtype: |       | User defined 1 |      |      |      |      | Vert, Lichthoven TSH |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |  |  |  |                    |       |
|-----------------------------|-------------|-------|----------------|------|------|------|------|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|--|--|--|--------------------|-------|
| SBR-weging                  | -15,1       | -13,2 | -11,2          | -9,5 | -7,8 | -6,1 | -4,7 | -3,5                 | -2,5 | -1,7 | -1,2 | -0,8 | -0,5 | -0,3 | -0,2 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0 |  |  |  |                    |       |
| L <sub>v</sub> [dB]         |             |       | 54             | 58   | 49   | 73   | 77   | 86                   | 84   | 84   | 79   | 73   | 66   | 68   | 58   | 57   | 49   | 41   | 42   | 38   | 35   |     |  |  |  |                    | 90    |
| v <sub>eff,max</sub> [mm/s] |             |       | 0,00           | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02                 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |     |  |  |  |                    | 0,03  |
|                             |             |       |                |      |      |      |      |                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |  |  |  | V <sub>per</sub> * | 0,000 |

| 11e verdieping       |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |       |
|----------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|-------|
| $L_v$ [dB]           |  | 54   | 58   | 51   | 75   | 79   | 89   | 87   | 84   | 78   | 70   | 62   | 63   | 51   | 49   | 39   | 31   | 30   | 25   | 22   |  |  |  |  | 92    |
| $v_{eff,max}$ [mm/s] |  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |  |  |  |  | 0,04  |
|                      |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  | 0,000 |

| 22e verdieping       |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |       |
|----------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|-------|
| $L_v$ [dB]           |  | 54   | 58   | 52   | 78   | 81   | 91   | 90   | 84   | 76   | 68   | 57   | 58   | 44   | 41   | 30   | 20   | 18   | 11   | 8    |  |  |  |  | 94    |
| $v_{eff,max}$ [mm/s] |  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |  |  |  |  | 0,05  |
|                      |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  | 0,000 |

**Trillingsprognose railverkeer**

|                           |                       |                   |                                      |                     |      |                           |
|---------------------------|-----------------------|-------------------|--------------------------------------|---------------------|------|---------------------------|
| project                   | Lichthoven, Eindhoven | bronspectrum      | Reizigerstrein emplacement           | passages per uur    | 2    | (alleen $V_{eff} > 0,1$ ) |
| gebouwtype                | woontoren blok C      | vormfactor $C_F$  | 0,57 (verhouding $v_{rms}/v_{top}$ ) | peiljaar            | 2020 |                           |
| gebouwafstand (tot spoor) | 20 m                  | referentieafstand | 30 m                                 | rijnsnelheid        | 60   | km/u                      |
|                           |                       |                   |                                      | referentie snelheid | 60   | km/u                      |

**Bodemtrillingen**

| 1/3-octaf               | 1 | 1,25 | 1,6  | 2    | 2,5  | 3,15 | 4    | 5    | 6,3  | 8    | 10   | 12,5 | 16   | 20   | 25   | 31,5 | 40   | 50   | 63   | 80        | 100  | 125 | 160 | 200 | som  |
|-------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|------|-----|-----|-----|------|
| bronspectrum (rms, gem) |   |      | 61   | 56   | 62   | 62   | 69   | 91   | 92   | 85   | 82   | 75   | 70   | 73   | 62   | 58   | 59   | 58   | 59   | 59        | 56   |     |     |     | 95   |
| spreiding               |   |      | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,0       | 3,0  |     |     |     |      |
| bronspectrum (rms, max) |   |      | 64   | 59   | 65   | 65   | 72   | 94   | 95   | 88   | 85   | 78   | 73   | 76   | 65   | 61   | 62   | 61   | 62   | 62        | 59   |     |     |     | 98   |
| snelheidscorrectie      |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |           |      |     |     |     |      |
| geen                    |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |           |      |     |     |     |      |
| afstandscorrectie       |   |      | 2,8  | 2,6  | 2,3  | 2,0  | 1,5  | 1,2  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,3  | 1,6  | 2,0  | 2,6  | 3,3       | 3,9  |     |     |     |      |
| $L_v$ [dB]              |   |      | 67   | 62   | 67   | 67   | 73   | 95   | 96   | 89   | 86   | 79   | 74   | 78   | 66   | 62   | 64   | 63   | 64   | 66        | 63   |     |     |     | 99   |
| $v_{rms}$ [mm/s]        |   |      | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00      | 0,00 |     |     |     | 0,09 |
|                         |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |           |      |     |     |     |      |
|                         |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | $v_{top}$ |      |     |     |     | 0,16 |

**SBR-A / Gebouwschade**

| Stijf punt fundatie | gebouwtype: | User defined 2 | Hor, Lichthoven TSH |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |           |  |  |  |  |      |
|---------------------|-------------|----------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|--|--|--|--|------|
| $H_{v,1}$ [dB]      |             | 0,0            | 0,0                 | 0,0  | -0,8 | 1,7  | 1,7  | -4,2 | -5,0 | -13,6 | -14,6 | -11,7 | -12,6 | -14,7 | -15,0 | -16,0 | -20,0 | -20,0 | -19,9 | -19,9     |  |  |  |  |      |
| $L_v$ [dB]          |             | 67             | 62                  | 67   | 66   | 75   | 97   | 92   | 85   | 72    | 64    | 63    | 65    | 52    | 47    | 48    | 43    | 44    | 46    | 43        |  |  |  |  | 98   |
| $v_{rms}$ [mm/s]    |             | 0,00           | 0,00                | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,07 | 0,04 | 0,02 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00      |  |  |  |  | 0,08 |
|                     |             |                |                     |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |           |  |  |  |  |      |
|                     |             |                |                     |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | $v_{top}$ |  |  |  |  | 0,14 |

| Begane grond     | vloertype: | user defined |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |           |  |  |  |  |      |
|------------------|------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|--|--|--|--|------|
| $H_{v,vloer}$    |            | 0,0          | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0       |  |  |  |  |      |
| $L_v$ [dB]       |            | 67           | 62   | 67   | 66   | 75   | 97   | 92   | 85   | 72   | 64   | 63   | 65   | 52   | 47   | 48   | 43   | 44   | 46   | 43        |  |  |  |  | 98   |
| $v_{rms}$ [mm/s] |            | 0,00         | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,07 | 0,04 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00      |  |  |  |  | 0,08 |
|                  |            |              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |           |  |  |  |  |      |
|                  |            |              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | $v_{top}$ |  |  |  |  | 0,14 |

| 11e verdieping            | vloertype: user defined |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |    |                  |      |  |  |
|---------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|----|------------------|------|--|--|
| H <sub>v,3</sub> [dB]     | 0,0                     | 0,0  | 4,0  | 7,0  | 5,5  | 3,0  | 4,0  | 0,5  | -1,3 | -2,6 | -4,0 | -5,3 | -6,6 | -8,0 | -9,4 | -10,7 | -12,1 | -13,5 |    |                  |      |  |  |
| H <sub>v,vloer</sub> [dB] | 0,0                     | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   |    |                  |      |  |  |
| L <sub>v</sub> [dB]       | 67                      | 62   | 71   | 73   | 81   | 100  | 96   | 85   | 71   | 62   | 59   | 60   | 45   | 39   | 39   | 33    | 32    | 32    | 30 |                  | 101  |  |  |
| v <sub>rms</sub> [mm/s]   | 0,00                    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,10 | 0,06 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  |    | 0,12             |      |  |  |
|                           |                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |    |                  |      |  |  |
|                           |                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |    | v <sub>top</sub> | 0,21 |  |  |

| 22e verdieping            |  | vloertype: |      |      |      |      |      |      |      | user defined |      |      |       |       |       |       |       |       |       |                  |  |      |  |
|---------------------------|--|------------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|--|------|--|
| H <sub>v,3</sub> [dB]     |  | 0,0        | 0,0  | 8,0  | 14,0 | 11,0 | 6,0  | 8,0  | 1,0  | -2,5         | -5,1 | -8,0 | -10,7 | -13,3 | -16,0 | -18,8 | -21,4 | -24,1 | -26,9 | -27,0            |  |      |  |
| H <sub>v,vloer</sub> [dB] |  | 0,0        | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0          | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0              |  |      |  |
| L <sub>v</sub> [dB]       |  | 67         | 62   | 75   | 80   | 86   | 103  | 100  | 86   | 70           | 59   | 55   | 54    | 38    | 31    | 29    | 22    | 20    | 19    | 16               |  | 105  |  |
| v <sub>rms</sub> [mm/s]   |  | 0,00       | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,14 | 0,09 | 0,02 | 0,00         | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00             |  | 0,17 |  |
|                           |  |            |      |      |      |      |      |      |      |              |      |      |       |       |       |       |       |       |       |                  |  |      |  |
|                           |  |            |      |      |      |      |      |      |      |              |      |      |       |       |       |       |       |       |       | v <sub>top</sub> |  | 0,30 |  |

**SBR-B / Hinder voor personen ( $v_{eff}$ )**

| Begane grond                | gebouwtype: |       | User defined 2 |      |      |      |      | Hor, Lichthoven TSH |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                    |     |  |       |  |  |
|-----------------------------|-------------|-------|----------------|------|------|------|------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|-----|--|-------|--|--|
| SBR-weging                  | -15,1       | -13,2 | -11,2          | -9,5 | -7,8 | -6,1 | -4,7 | -3,5                | -2,5 | -1,7 | -1,2 | -0,8 | -0,5 | -0,3 | -0,2 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | 0,0  | 0,0  | 0,0                | 0,0 |  |       |  |  |
| L <sub>v</sub> [dB]         |             |       | 55             | 52   | 59   | 60   | 70   | 93                  | 89   | 83   | 71   | 63   | 62   | 65   | 51   | 47   | 48   | 43   | 44   | 46   | 43                 |     |  | 95    |  |  |
| v <sub>eff,max</sub> [mm/s] |             |       | 0,00           | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00                | 0,05 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00               |     |  | 0,06  |  |  |
|                             |             |       |                |      |      |      |      |                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | V <sub>per</sub> * |     |  | 0,000 |  |  |

| 8e verdieping        |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |  |  |  |  |       |
|----------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|--|--|--|--|-------|
| $L_v$ [dB]           |  | 55   | 52   | 63   | 67   | 76   | 96   | 93   | 83   | 70   | 61   | 58   | 59   | 45   | 39   | 38   | 33   | 32   | 32   | 30          |  |  |  |  | 98    |
| $v_{eff,max}$ [mm/s] |  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,07 | 0,04 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00        |  |  |  |  | 0,08  |
|                      |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | $V_{per}^*$ |  |  |  |  | 0,000 |

| 22e verdieping       |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |  |  |  |  |       |
|----------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|--|--|--|--|-------|
| $L_v$ [dB]           |  | 55   | 52   | 67   | 74   | 81   | 99   | 97   | 84   | 68   | 58   | 54   | 54   | 38   | 31   | 29   | 22   | 20   | 19   | 16          |  |  |  |  | 102   |
| $v_{eff,max}$ [mm/s] |  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,09 | 0,07 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00        |  |  |  |  | 0,12  |
|                      |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | $V_{per}^*$ |  |  |  |  | 0,011 |